

На правах рукописи

БАРИЕВА Фания Фауатовна

**ИЗМЕНЕНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА
ПРИ АНТРОПОГЕННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ
И ВОССТАНОВЛЕНИИ ОЗЕРНЫХ ЭКОСИСТЕМ
(на примере озер г. Казани)**

03.00.16 - ЭКОЛОГИЯ

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Казань 2003

Работа выполнена в лаборатории водных экосистем и на кафедре прикладной экологии экологического факультета Казанского государственного университета

Научный руководитель: доктор биологических наук,
профессор **Мингазова Нафиса Мансуровна**

Официальные оппоненты: доктор биологических наук,
профессор **Васильева-Кралина Инна Ивановна**

доктор биологических наук,
профессор **Генкал Сергей Иванович**

Ведущая организация: Институт экологии растений и животных
РАН (г. Екатеринбург)

Защита состоится «16» декабря 2003 года в ____ часов на заседании диссертационного совета Д 212.081.19 Казанского госуниверситета
по адресу: 420008, г. Казань, ул. Островского, д. 34, ком.204.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Казанского государственного университета

Автореферат разослан __ ноября 2003 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор химических наук, профессор

Г.А.Евтюгин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы заключается в необходимости изучения откликов экосистем и биотических сообществ на антропогенное воздействие, в том числе на восстановительные мероприятия в целях оптимизации и сохранения окружающей среды. Значительное антропогенное воздействие испытывают водоемы урбанизированных территорий. С XVII века водоемы озерной системы Кабан г. Казани испытывают сильное промышленное и коммунальное воздействие, последствиями которого являются антропогенное эвтрофирование, токсикофикация и термофикация озер. В 1980-1987 гг. с целью восстановления деградированной экосистемы сильно загрязненного озера Нижний Кабан применялись специальные оздоровительные мероприятия (выемка донных отложений, снижение объемов сточных вод и др.). Трофический статус водоема в настоящее время соответствует эвтрофному. Озера системы Лебяжье расположены в лесопарковой зоне города и также испытывают антропогенное воздействие. Для них в начале 1990-х гг. стали заметны процессы резкого понижения уровня воды и эвтрофирования, что послужило поводом для применения восстановительных мероприятий (с 1995 г. - пополнение водой из близлежащего искусственного водоема, в 1999 г. - дноуглубление и прокладка искусственного водоупорного горизонта в котловине оз. Малое Лебяжье). Система Голубых озер расположена в пригороде Казани и отличается высокой минерализацией, холодоводностью и большим коэффициентом водообмена, что обуславливает их уникальность для Среднего Поволжья. В 1995 г. Голубые озера реконструировались с целью создания рекреационной зоны. В связи со значительным антропогенным воздействием и применением специальных мероприятий для восстановления озерных экосистем необходимо проведение гидробиологического мониторинга данных водоемов.

Планктонные водоросли являются первым и основным звеном в трофических сетях водных экосистем. Резкое или постепенное изменение любого из воздействующих на экосистемы факторов находит свое отражение в изменении качественных и количественных показателей фитопланктона. Поэтому многолетние наблюдения за состоянием фитопланктона имеют определенную ценность для гидробиологического мониторинга.

Целью работы является изучение изменений фитопланктона озер урбанизированных территорий при антропогенном воздействии разных видов, в том числе при применении специальных мероприятий для восстановления озерных экосистем (на примере озер г. Казани). Для достижения цели исследований были поставлены следующие **задачи**: 1) выявить видовой состав и провести сравнительный таксономический и экологический анализ альгофлоры исследуемых озер; 2) изучить сезонную и межгодовую динамику численности и биомассы водорослей; 3) выявить особенности вертикального распределения водорослей; 4) выявить массовые виды фитопланктона озер; 5) выявить степень сходства фитопланктона разнотипных озер; 6) оценить качество воды и трофическое состояние водоемов; 7) оценить изменение структурных характеристик фитопланктона при различных видах и последствиях антропогенного воздействия (рекреация, антропогенное

эвтрофирование, токсикофикация и др.); 8) оценить отклик фитопланктона на специальные мероприятия (пополнение озера водой, изъятие донных отложений, реконструкция ложа), применяемые для восстановления озерных экосистем.

Научная новизна. 1. Впервые выявлен видовой состав водорослей систем озер Кабан, Лебяжье и Голубые г. Казани, которые ранее оставались не изученными в альгологическом отношении. 2. Отмечен отклик сообществ на изменение состояния водоема в результате антропогенного воздействия (при переходе от токсикофикации к антропогенному эвтрофированию, при падении уровня воды). 3. Впервые показаны сезонные отличия динамики озерной планктонной альгофлоры при проведении восстановительных мероприятий, таких как дополнительная подача воды в водоемы и реконструкция котловин озер.

Практическая значимость исследований. Результаты работы вносят вклад в изучение биоразнообразия водорослей водоемов Республики Татарстан. Показаны изменения фитопланктона при антропогенном воздействии и при проведении восстановительных мероприятий, которые можно использовать для оценки и прогнозирования состояния водоемов. Результаты исследований использованы при разработке экологических паспортов озер Кабан и Лебяжье г.Казани; могут быть применены также при составлении кадастров гидробионтов, атласов и определителей водорослей региона, использованы при мониторинге озер. Результаты работы используются в учебном процессе экологического факультета КГУ в курсе «Гидробиологический мониторинг», «Восстановление водных экосистем» и летней практике по методам изучения водных экосистем.

Положения, выносимые на защиту.

1. Антропогенное воздействие различных видов на озерные экосистемы приводит к изменению видового состава фитопланктона, что проявляется в снижении сходства видового состава водорослей, в том числе и для озер одной гидрологической системы.
2. После проведения комплекса мероприятий по восстановлению токсикофицированного водоема структура фитопланктона приобретает черты, характеризующие антропогенное эвтрофирование.
3. Значительное увеличение численности, биомассы и периода вегетации теплолюбивого вида *Ceratium hirundinella* является откликом фитопланктона на термофикацию городского водоема.
4. Периодическое пополнение водоема дополнительным объемом воды вызывает нестабильность озерных экосистем, что отражается в хаотичном характере сезонных изменений численности и биомассы фитопланктона с частой сменой доминирующих видов, увеличении количественных характеристик фитопланктона в результате поступления биогенных элементов с затопляемых берегов.
5. Резкое увеличение показателей синезеленых, эвгленовых и хлорококковых водорослей для эвтрофных озер, золотистых водорослей - для олиготрофных, холодноводных водоемов, является реакцией на проведение реконструкции озерных котловин.

Апробация работы и публикации. Материалы работы докладывались и обсуждались на VII и VIII съездах Гидробиологического общества (ГБО) РАН (Казань, 1996; Калининград, 2001); международных научных конференциях «Экологические проблемы бассейнов крупных рек-2» (Тольятти, 1998); «География на рубеже веков: проблемы регионов» (Курск, 1999); по охране водно-болотных ресурсов “Wetland international” (Москва, 1999); «Современные проблемы естествознания» (Владимир, 2001); международном симпозиуме по биоиндикаторам «Problems of today in bioindication and biomonitoring» (Сыктывкар, 2001); VIII международной конференции по соленым озерам (Красноярск, 2002); всероссийских конференциях по водным растениям «Гидрботаника - 2000» (Борок, 2000); «Рациональное использование водных ресурсов в системе управления регионом» (Йошкар-Ола, 2001); региональных экологических конференциях (Казань, 1998, 2000, 2002; Ульяновск, 1999; Борок, 1999; Чебоксары-Казань, 2000); итоговых конференциях Казанского госуниверситета (ежегодно с 1997 по 2003 гг.); заседании Казанского отделения ГБО (Казань, 2003). По теме диссертации опубликована 21 работа, в т. ч. глава в коллективной монографии.

Исходные материалы. В основу работы положены собственные результаты исследований автора за 1994-2000 гг. Проведен анализ фондовых сведений лаборатории водных экосистем экологического факультета КГУ за 1988-1993 гг. и использованы данные лаборатории по гидрохимическим анализам воды озер.

Объем и структура работы. Диссертация изложена на 149 страницах, состоит из введения, 7 глав, выводов, списка литературы (221 источник, в т.ч. 48 на иностранных языках), 35 рисунков, 29 таблиц и приложения.

Благодарности. Автор выражает глубокую благодарность д.б.н., проф. Нижегородского госуниверситета А.Г. Охапкину за консультации и ценные рекомендации, сотрудникам лаборатории водных экосистем экологического факультета КГУ и всем тем, кто помогал при выполнении работы, а также близким и родным за поддержку.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ФИТОПЛАНКТОНА ПРИ АНТРОПОГЕН-НОМ ЭВТРОФИРОВАНИИ, ЗАГРЯЗНЕНИИ И ВОССТАНОВЛЕНИИ ВОДОЕМОВ

В главе рассматриваются антропогенное воздействие на малые озера и его последствия (Vollenweider, 1976; Шилькрот, 1975, 1979; Покровская и др., 1983 и др.), проблемы восстановления озер с обзором восстановительных мероприятий и методов восстановления (Хендерсон-Селерс и др., 1990; Мингазова, 1998; Сметанин, 2003 и др.). Обобщены сведения об изменениях фитопланктона при эвтрофировании, загрязнении и восстановлении озер (Васильева и др., 1988; Клоченко и др., 2000; Иванова, 2000; Гусева, 2000; Старцева, 2002; Ярушина и др., 2003; Иванова, 2003 и др.). Под восстановлением озерной системы, понимается ее возврат посредством специальных оздоровительных мероприятий, активизирующих процессы самоочищения, в состояние, близкое к исходному до воздействия (Мингазова, 1999). Согласно закону эволюционно-экологической необратимости полное восстановление нарушенной экосистемы невозможно (Реймерс,

1994), и задачами восстановления озерных экосистем с помощью искусственных мероприятий должно быть снижение нагрузки загрязнения и трофического статуса (Восстановление ..., 1984), достижение устойчивого благополучного состояния озерных экосистем (Мингазова, 1999). Как известно, ряд восстановительных мероприятий направлен на снижение биомассы фитопланктона в водоемах при их «цветении» (Йоргенсен, 1985 и др.). Но влияние восстановительных мероприятий на динамику развития фитопланктона и восстановление самих фитопланктонных сообществ в результате применения специальных мероприятий являются малоизученным аспектом.

Глава 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДУЕМЫХ ОЗЕР

Озера системы Кабан располагаются в черте г. Казани на первой надпойменной террасе, по происхождению являются старично-карстовыми водоемами. Оз. Верхний Кабан – наименьший из водоемов системы (22,3 га), отделен от других (табл. 1). Оз. Нижний Кабан находится в центральной части города и через Ботанический проток соединяется с оз. Средний Кабан, самым крупным водоемом системы (119 га).

Таблица 1. Лимнологическая характеристика исследованных озер

Озеро	Площадь, га	Глубина, м		Прозрачность, м	рН	Р _{общ} , мг/м ³	N _{общ} , мг/л	N:P
		макс.	сред.					
Верхний Кабан	22,3	13,0	6,5	1,10±0,10	8,0±0,2	0,17±0,11	1,43±0,43	8,4
Средний Кабан	119,0	12,5	6,0	0,67±0,06	7,7±0,1	0,27±0,10	2,35±0,64	8,7
Нижний Кабан	55,0	15,8	6,5	0,52±0,08	7,8±0,2	0,69±0,20	3,16±0,98	4,6
Малое Лебяжье	3,7	2,1	0,9	0,80±0,10	8,2±0,2	0,16±0,09	0,81±0,05	5,1
Большое Лебяжье	19,2	3,2	1,2	0,53±0,10	8,4±0,2	0,14±0,10	0,89±0,03	6,4
Сухое Лебяжье	10,0	2,7	0,9	0,66±0,10	8,1±0,3	0,19±0,09	0,96±0,36	5,1
Большое Голубое	4,6	13,0	1,3	до дна, >13м	7,1±0,2	0,03±0,01	1,35±0,11	45,0
Малое Голубое-1	0,2	4,0	1,5	до дна, >4м	7,4±0,1	0,03±0,01	1,97±0,61	65,7
Малое Голубое-2	0,2	3,0	1,5	до дна, >3м	7,5±0,2	0,04±0,01	2,03±0,55	50,8

После строительства Куйбышевского водохранилища (1957 г.) озера Нижний и Средний Кабан стали зарегулированными водоемами. Питание смешанное, водный баланс зависит от поступления сточных вод и сброса в р. Волгу. К концу 1970-х гг. для наиболее загрязняемого оз. Н. Кабан стали заметны признаки гипертрофности, к 1980-м гг. – токсикофикации водоема. В 1980-1981 гг. вода озера характеризовалась серо-черным цветом с очень низкой прозрачностью (0,1 м), отсутствием кислорода, высокими значениями содержания биогенных веществ, СПАВ, нефтепродуктов, что указывало на предельно-грязные воды, являлось признаками высокой степени токсикофикации. Гибель водной фауны указывала на деградацию экосистемы. С 1981 г. для восстановления озера Н. Кабан применялись такие мероприятия, как временная проточность с аэрацией (4 мес.), устранение ряда наиболее токсичных стоков (2/3 прежнего объема), с 1983 по 1987 гг.

проводилась выемка донных отложений. Результатом применения восстановительных мероприятий явилось улучшение качества воды (появление O_2 , снижение CO_2 и окисляемости, увеличение прозрачности, снижение содержания биогенных и загрязняющих веществ) и постепенное развитие пелагиобиоты, в частности зоопланктона, до показателей, характерных для эвтрофных водоемов (Мингазова и др., 1989; Деревенская, 1997).

Антропогенное воздействие на озера Нижний и С. Кабан в настоящий момент выражается в застройке и реконструкции прибрежной территории, поступлении поверхностного стока, сбросе оборотных вод ТЭЦ-1 и грунтовых вод при строительстве Метростроя, поступлении вод ливневой канализации, водозаборе, атмосферном загрязнении, изъятии илов земснарядом в оз. С. Кабан. Для оз. В. Кабан характерно воздействие рекреации, поселка, автодороги и водозабора для полива садов.

В озерах Нижний и В. Кабан наблюдается устойчивая температурная стратификация вод, в оз. С. Кабан она нарушена вследствие поступления в водоем термальных сточных вод ТЭЦ-1. Минимальная и максимальная температуры воды на поверхности озера С. Кабан в среднем на $1,5\text{ }^{\circ}C$ выше, чем в озерах Нижний и В. Кабан. Прозрачность воды озер системы невысокая (от 0,3 до 2,1 м). Минерализация воды для озер Нижний и С. Кабан высокая, жесткость озер системы Кабан изменяется от «мягкой» (оз. В. Кабан) до «очень жесткой» (оз. С. Кабан). Тип воды по ионному составу в озерах системы Кабан очень изменчив, преобладает смешанный гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевый тип, что связано с поступлением сточных вод, среда нейтральная и слабощелочная ($pH=7,7-8,4$). В придонном слое наблюдается недостаток кислорода (9-25 %), отмечается слабый запах сероводорода (1-2 балла). Для озер Нижний и С. Кабан, как наиболее загрязненных, наблюдаются превышения ПДК по ряду веществ: железо (в 1,1-2,0 раза), магний (1,5-2,4), кальций (1,3), сульфаты (2,8-4,5), фосфаты (0,08-8), аммоний (1,1-4,1), нитриты (0,3-2,2), фенолы (1,8), нефтепродукты (в 2-4 раза). Качество воды по эколого-санитарной классификации (ЭСК) колеблется от «слабо загрязненной» III класса (оз. В. Кабан) до «сильно загрязненной» IV класса (Нижний и С. Кабан), ранговый показатель (РП) Борок, 1999 изменяется от 5,0 до 6,8.

Озера системы Лебяжье располагаются в лесопарковой зоне «Лебяжье» г. Казани, на третьей надпойменной террасе р. Волги. Представляют собой систему малых озер (Малое, Большое и Сухое Лебяжье) дюнного происхождения, соединяющихся узкими протоками. Это мелководные (0,5-3,6 м) и нестратифицированные водоемы (табл. 1). Оз. С. Лебяжье - самое мелководное озеро (макс. глуб. - 2,7 м). Питание смешанное, водный баланс нарушен. Водосборная площадь озер из-за строительства дорог и предприятий сократилась с 30 км^2 до $12,1\text{ км}^2$. С 1990-х гг. наблюдается тенденция к снижению уровня воды и уменьшению площади водоемов. С 1995 г. с целью сохранения водоемов производится периодическая подача воды из Юдинского карьера (олиготрофного), поэтому для озер характерны колебания уровня воды. Для предотвращения фильтрации дно оз. М. Лебяжье в 1999-2000 гг. углублялось и экранировалось глиной толщиной 0,3 м. Минерализация воды озер

системы Лебяжье - «малая»-«средняя» (210-263 мг/л), жест-кость воды невысокая, тип воды изменчивый. Отмечаются высокие значения по нитратам (3,6 ПДК) и БПК₅ (до «предельно грязного» состояния). Вода по ЭСК соответствует в основном II-III классу качества вод, от «вполне чистой» до «умеренно загрязненной» (РП=3,1-6,3).

Голубые озера (Большое Голубое, Малые Голубые 1 и 2) располагаются в пригороде г.Казани, на надпойменной террасе правобережья р. Казанки и на восточном склоне Вятского Увала. По происхождению – старичные, осложненные карстовыми провалами с восходящими источниками сульфатно-соленоватых вод из водоносных горизонтов. Площадь оз. Б. Голубое составляет 4,6 га, максимальная глубина в наиболее глубокой воронке – «Большой пучине» - 15,7 м. Малые Голубые озера имеют меньшие глубины и площади (табл. 1), но соответствуют оз. Б. Голубое по лимнологическому и гидрохимическому режиму. Годовой коэффициент водообмена очень высокий (432 объема в год). Вода холодная в течение всего года (6-8 °С). Эти сточные озера, образованные на напорных источниках, являются уникальными для региона водными объектами и по гидрохимическому режиму: характерно наличие сероводорода, очень жесткой воды, сульфатно-кальциевой, с минерализацией около 2,2 – 2,5 г/л. В 1995 г. Малые Голубые озера были подвергнуты реконструкции и благоустройству для целей рекреации.

Глава 3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа выполнена в лаборатории водных экосистем экологического факультета КГУ и на кафедре прикладной экологии КГУ по госбюджетной теме «Изучение процессов антропогенной трансформации и восстановления водоемов Среднего Поволжья» (рег. № 01.97. 0 0 09626) и по гранту ФЦП «Интеграция» (проект К 1022 «Уникальные экосистемы соленоватоводных карстовых озер Среднего Поволжья. Комплексные гидробиологические экспедиции»). В работе использованы материалы, собранные с 1988 по 2000 гг. на озерах г. Казани – систем озер Кабан, Лебяжье и Голубых озер. Материалы 1995-2000 гг. отобраны и обработаны лично автором. Данные за 1988-1994 гг. и гидрохимические результаты взяты из фондовых материалов лаборатории.

На акватории каждого водоема с учетом биотопической неоднородности была заложена постоянная сетка станций. Отбор проб осуществлялся с мая по октябрь, с периодичностью через декаду, месяц и сезон. За период исследований было собрано и обработано 444 количественных и более 500 качественных проб фитопланктона. Параллельно с отбором проб фитопланктона измерялись прозрачность воды по диску Секки, температура воды и содержание кислорода в воде по горизонтам.

Количественные пробы для определения состава, численности и биомассы водорослей отбирались и определялись по общепринятым гидробиологическим методикам (Методика..., 1975; Федоров, 1979 и др.). Для определения диатомовых водорослей изготавливались постоянные препараты (Забелина и др., 1951; Скабичевский, 1960), наименование таксонов приводится в основном по работам Краммера и Ланге-Берталота (Krammer, Lange-Bertalot, 1986, 1988, 1991). При определении видового состава использовались «Определитель

пресноводных водорослей СССР» а также другие определители (Комаренко, Васильева, 1975, 1978; Эргашев, 1979; Васильева, 1987; Царенко, 1990; Patrick, Reimer, 1966; Starmach, 1966, 1968; Fott, 1972; Hindák, 1980, 1984, 1990 и др.).

Для установления стабильности фитопланктонного сообщества использовался индекс видового разнообразия Шеннона, для оценки качества вод - индекс сапробности по методу Пантле и Букка (Макрушин, 1974 а) в модификации Сладечека (Sládeček, 1973). Значения сапробности для видов определялись с помощью ряда работ (Унифицированные ..., 1976, 1977; Макрушин, 1974; Барина, Медведева, 1996 и др.). Для установления трофности водоема рассчитывался индекс трофности (Миллиус и др., 1979 и др.), использовались шкалы трофности по показателям фитопланктона (Трифонов, 1990). Класс и качество воды определялись по интегральной эколого-санитарной классификации качества поверхностных вод суши (Экологическая ..., 1981). Для сравнения фитопланктона разных озер рассчитывалась степень сходства видового состава водорослей (Sorensen, 1948).

Статистическая обработка материала осуществлялась с использованием пакета программ STATGRAPHICS Plus for Windows (Компьютерная ..., 1999), Statistica (v. 6.0) и Origin (v. 5.0).

Глава 4. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФИТОПЛАНКТОНА РАЗНОТИПНЫХ ОЗЕР г. КАЗАНИ

Видовой состав фитопланктона. В фитопланктоне всех водных объектов за период исследования было отмечено 308 видов (312 видов и разновидностей) из 13 классов, 21 порядка, 56 семейств, 111 родов и 8 отделов. Ведущими отделами являлись *Cyanophyta* (47), *Bacillariophyta* (79), *Chlorophyta* (145). Таксономический состав водорослей по исследованным озерам представлен в таблице 2.

Таблица 2. Таксономический состав водорослей озер г. Казани

Отдел	Число таксонов								
	Верхний Кабан	Средний Кабан	Нижний Кабан	Малое Лебяжье	Большое Лебяжье	Сухое Лебяжье	Большое Голубое	Малое Голубое-1	Малое Голубое-2
<i>Cyanophyta</i>	25	21	23	11	19	14	10	10	7
<i>Euglenophyta</i>	9	14	13	11	11	10	3	2	3
<i>Dinophyta</i>	1	2	3	5	4	3	2	-	-
<i>Cryptophyta</i>	2	-	2	-	1	-	2	-	-
<i>Chrysophyta</i>	-	1	2	2	1	1	1	1	1
<i>Bacillariophyta</i>	20	40	33	16	25	20	23	17	17
<i>Xanthophyta</i>	3	-	1	-	-	1	-	-	-
<i>Chlorophyta</i>	71	59	73	61	67	41	11	6	3
Всего	131	137	150	106	128	90	52	36	31

Наибольшее процентное соотношение в пресноводных озерах (систем Лебяжье и Кабан) занимают виды отдела зеленых, причем самый высокий процент относится к оз. М. Лебяжье (57,5%) за счет разнообразия хлорококковых водорослей, а основу видового состава озер

Лебяжье и Кабан составляет зелено-диатомово-синезеленый комплекс, на долю которого приходится 85,2 % флоры. В минерализованных Голубых озерах по количеству встреченных видов преобладают диатомовые водоросли (до 54,8 %) и, соответственно, диатомово-зелено-синезеленый комплекс. Ведущие классы, порядки, семейства и роды представлены в таблице 3.

Таблица 3. Таксономический спектр ведущих классов, порядков, семейств и родов фитопланктона озер г. Казани

Класс	Число		Порядок	Число	
	видов	видов и разновидностей		видов	видов и разновидностей
<i>Chlorophyceae</i>	114	115	<i>Chlorococcalles</i>	98	99
<i>Pennatophyceae</i>	63	64	<i>Raphales</i>	44	45
<i>Euglenophyceae</i>	26	26	<i>Euglenales</i>	26	26
<i>Hormogoniophyceae</i>	24	26	<i>Desmidiaceae</i>	23	23
<i>Conjugatophyceae</i>	25	25	<i>Chroococcales</i>	20	20
<i>Chroococcophyceae</i>	20	20	<i>Araphales</i>	19	19
<i>Centrophyceae</i>	14	14	<i>Oscillatoriales</i>	15	15
<i>Dinophyceae</i>	8	8	<i>Talassiosirales</i>	10	10
<i>Heterochrysophyceae</i>	5	5	<i>Nostocales</i>	9	11
			<i>Chlamidomonadales</i>	8	8
Всего	299	303	Всего	272	276
%		95,3	%		86,8
Семейство			Род		
<i>Scenedesmaceae</i>	30	30	<i>Scenedesmus</i>	18	18
<i>Euglenaceae</i>	26	26	<i>Trachelomonas</i>	13	13
<i>Naviculaceae</i>	20	20	<i>Closterium</i>	10	10
<i>Selenastraceae</i>	20	20	<i>Navicula</i>	9	9
<i>Oscillatoriaceae</i>	15	15	<i>Oocystis</i>	9	9
<i>Oocystaceae</i>	14	14	<i>Oscillatoria</i>	8	8
<i>Fragillariaceae</i>	12	12	<i>Nitzschia</i>	8	8
<i>Closteriaceae</i>	11	11	<i>Monoraphidium</i>	8	8
<i>Desmidiaceae</i>	10	10	<i>Anabaena</i>	7	9
<i>Stephanodiscaceae</i>	9	9	<i>Pediastrum</i>	6	7
Всего	167	167	Всего	96	99
%		53,2	%		31,1

При сравнении видовых списков водорослей озер степень сходства возрастала для генетически связанных озер (рис. 1), принадлежащих к одной системе: до 74 % (Нижний и В. Кабан), 59,2-63,9 % (озера системы Лебяжье) и до 48,3 % (Малые Голубые и Б. Голубое). Отмечаются также особенности видового состава, связанные с антропогенным воздействием, отражающиеся на коэффициенте видового сходства. Так, степень сходства фитопланктона озер Верхний и С. Кабан составляет 39 %, что в 2 раза меньше сходства состава озер Нижний и В. Кабан. Для системы Голубых озер степень сходства между озерами Б. Голубое и М. Голубое-1 составляет 48,3 %, Б. Голубое и М. Голубое-2 - 46,3 %, т.е. коэффициенты близки, а сходство состава озер М. Голубое-1 и М. Голубое-2 составляет

только 17,4 %, хотя эти два озера наиболее близки по гидрологическим характеристикам. Различие в видовом составе фитопланктона этих водоемов заключается в проведении мероприятия по реконструкции котловины оз. М. Голубое-2 в 1995 г.

По степени сходства состава альгофлор выделяются две основные группы водоемов (рис. 1). В первую вошли олиготрофные Голубые озера и эвтрофное (по физико-химическим показателям) оз. С. Лебяжье, где конкурентные взаимоотношения с макрофитами угнетают развитие фитопланктона. Эти озера характеризуются относительно не высоким видовым составом (табл. 2). Вторую группу, самую обширную, составили эвтрофные озера, а также озера В. Кабан и М. Лебяжье. Видовой состав водорослей озер второй группы составил от 106 до 137 видов. Озеро Н. Кабан не вошло ни в одну из предыдущих групп, отличается индивидуальностью ввиду проведения на водоеме комплекса восстановительных мероприятий, видовой состав фитопланктона этого озера самый обширный.

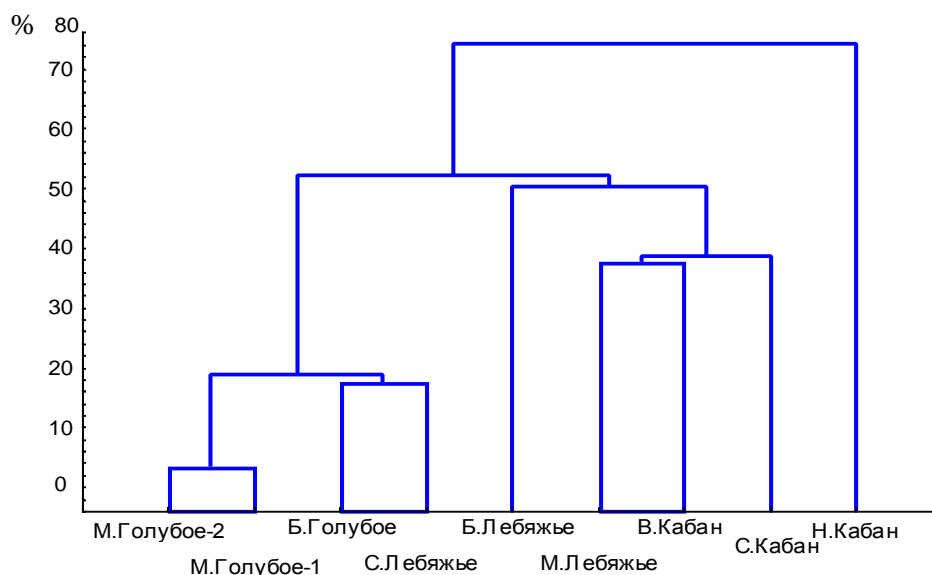


Рис. 1. Дендрограмма флористического различия озер

Общее число таксонов в видовом составе альгофлоры в исследованных озерах составило от 31 до 150 видов (табл. 2). Наибольшее число видов отмечено в оз. Н. Кабан, которое в настоящее время находится в стадии эвтрофирования высокой степени после выведения из токсикофицированного состояния, наименьшее – в оз. М. Голубое-2, минерализованном водоеме, где проводились мероприятия по реконструкции дна котловины и дноуглубление.

К водорослям, встречающимся почти во всех озерах систем Кабан, Лебяжье и Голубые, относятся: *Microcystis aeruginosa* Kütz.em.Elenk, *Gloeocapsa minuta* (Kütz.) Hollerb.ampl., *G. turgida* (Kütz.) Hollerb.emend., *Oscillatoria limnetica* Lemm, *Anabaena flos-aquae* (Lyngb.)Breb., *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs, *Trachelomonas hispida* (Perty) Stein emend. Defl., *T. lacustris* Drez.emend.Balech., *T. volvocina* Ehr., *Ceratium hirundinella* (O.F.M.) Bergh, *Dinobryon divergens* Imh., *Cyclotella comta* (Ehr.) Kütz., *Stephanodiscus hantzschii* Grun., *Aulocosira granulata* (Ehr.) Sim., *Synedra ulna* (Nitzsch.)Ehr., *Navicula exigua* (Greg.)O.Mull., *Gomphonema truncatum* Ehr., *Nitzschia acicularis* W.Sm., *Tetraëdron minimum* (A.Br.) Hansg., *Oocystis submarina* Lagerh. и *Raphidocelis subcapitata* (Korsch.) Nyg. et al., которые составили

6,7 % от общего количества таксонов. Это говорит о неоднородном составе планктонной флоры водоемов урбанизированных территорий, различных по происхождению, морфометрическим характеристикам и подверженных разной степени антропогенного воздействия и разнообразным восстановительным мероприятиям. Для эвтрофированных озер в планктоне отмечается большее количество видов, а также большая доля в общей численности и биомассе хлорококковых, синезеленых и эвгленовых водорослей.

Массовые виды фитопланктона. При изучении разнотипных водоемов г. Казани выявлено 92 вида, преобладающих в планктоне озер в тот или иной отрезок времени и создающих от 5 до 100 % общей биомассы фитопланктона; эти виды составляют около 29 % от общего видового богатства фитопланктона. Путем исключения видов-субдоминантов и видов, с частотой встречаемости менее 50 %, было выделено 28 видов, имеющих наибольшую значимость в формировании фона планктона водоемов. В таксономическом плане виды распределились следующим образом: *Cyanophyta* - 7, *Euglenophyta* - 1, *Dinophyta* - 1, *Bacillariophyta* – 6 и *Chlorophyta* – 13 видов, то есть основу флористического списка видов-доминантов составляют представители зеленых, синезеленых и диатомовых водорослей.

Синезеленые водоросли в качестве доминантов присутствовали повсеместно. К основным доминантам относятся: *Aphanizomenon flos-aquae*, преобладающий в планктоне 5 озер, причем в гипертрофном оз. Н. Кабан вид доминировал ежегодно (с биомассой до 8,5 мг/л в 1996 г.); *Microcystis aeruginosa* - отмечен в качестве доминанта в 6 озерах, причем в озерах с наиболее высоким трофическим статусом (М. Лебяжье и Н. Кабан) его биомасса достигала 5,33 и 9,54 мг/л соответственно. В оз. Малое и С. Лебяжье также доминировал вид *Anabaena shermetevi* Elenk., в оз. Н. Кабан в 1997 г. - *Lyngbya limnetica* Lemm., в 1996 г. - *Oscillatoria limnetica*, в озерах Нижний в 1996 г. и С. Кабан в 1995 г. - *Microcystis firma* (Breb.et Lenorm.) Schmidle. Синезеленые и зеленые водоросли обычно и повсеместно преобладают по численности, а не по биомассе, что объясняется их мелкими размерами, а в водоемах урбанизированных территорий г. Казани они в основном участвуют в создании флористического обилия, что связано с частым монодоминированием мелкоклоточных организмов в связи с интенсивным антропогенным эвтрофированием водоемов.

В отделах динофитовых и эвгленовых водорослей доминировало по одному виду. *Trachelomonas volvocina* из отдела *Euglenophyta* достигал наибольших значений в озерах Н. Кабан в 1995 г. (0,1 мг/л) и С. Кабан в 1997 г. (до 3,36 мг/л). Вид *Ceratium hirundinella* из *Dinophyta* по литера-турным данным – один из доминантов летнего планктона практически во всех озерах умеренных широт, что подтверждается и нашими исследованиями. Наиболее массовым этот вид был в оз. С. Кабан, подверженному процессу термофикации, где в периоды «цветения» практически вытеснял остальные виды, достигая биомассы 300 мг/л.

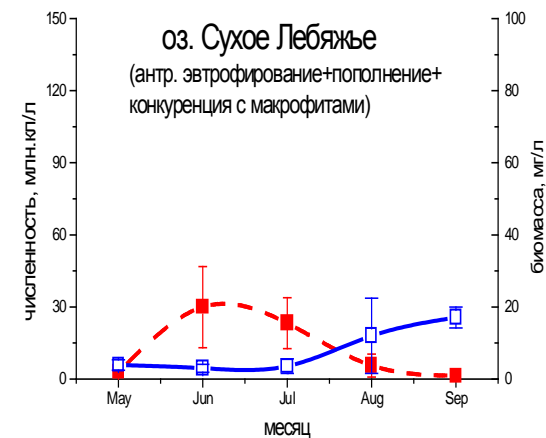
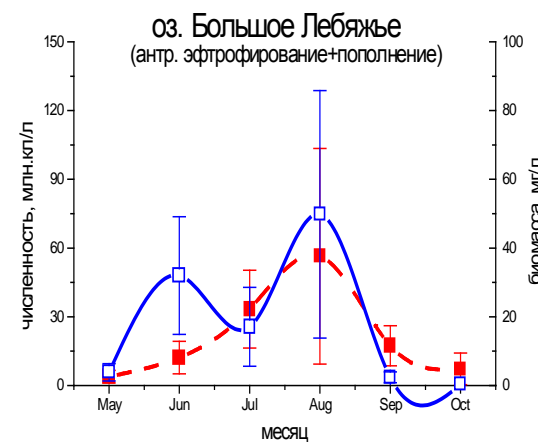
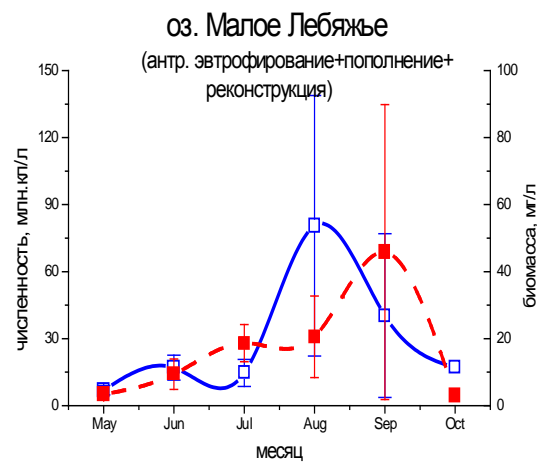
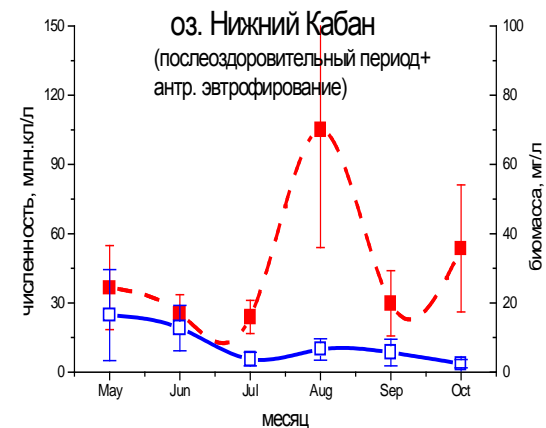
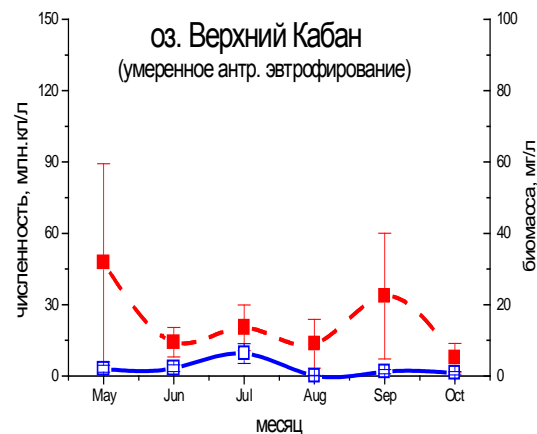
Отдел диатомовых водорослей занимает третье место по числу доминирующих видов. Представители отдела доминировали в основном в озерах системы Кабан, из которых преобладали в качестве массовых виды-показатели высокого трофического статуса: *Stephanodiscus hantzschii*, *Synedra ulna*, *Nitzschia acicularis*, *Fragilaria crotonensis* Kitt.,

Cyclotella bodanica Eulents. и *C. stelligera* Cl. et Grun.

Среди доминирующих зеленых водорослей основным доминантом можно считать вид *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Breb., преобладающий в планктоне сильно эвтрофируемых озер М. Лебяжье и Н. Кабан, а также доминировавший в оз. Верхний и С. Кабан. Отмечено, что доминанты из отдела зеленых – в основном хлорококковые водоросли, массово вегетирующие, наряду с синезелеными и эвгленовыми, при эвтрофировании водоемов. Виды *Coccolithidium microporum* Nag., *C. reticulatum* (Dang.) Senn, *C. pseudomicroporum* Korsch., *Scenedesmus bijugatus* (Turp.) Breb., *S. quadricauda*, *Monoraphidium arcuatum* (Korsch.) Hind., *M. contortum* (Thur.) Kom.-Legn., *M. irregulare* (G.M. Smith) Kom.-Legn. и *M. minutum* (Nag.) Kom.-Legn. массово развивались в озерах системы Кабан, т.е. в глубоких, стратифицированных водоемах, где в периоды «цветения» преобладали в основном на глубине 2 м. Также доминировали виды *Tetraëdron minimum*, *Raphidocelis subcapitata* и *Oocystis lacustris* Chod.

Таким образом, в озерах урбанизированных территорий г. Казани для каждого водоема отмечается свой индивидуальный комплекс доминирующих видов, что связано с неоднородностью природно-территориальных условий и сочетанием абиотических факторов. Все основные доминанты озер систем Кабан и Лебяжье – это индикаторы эвтрофных вод, образующие скопления при антропогенном эвтрофировании.

Особенности сезонной динамики численности и биомассы. При исследовании структурных количественных показателей выявлено, что для оз. С. Кабан при относительно невысоких значениях численности фитопланктона проявляется максимум биомассы (30,5 млн.кл/л; 59,0 мг/л). В период прогревания водоема наблюдается моnodоминирование вида, обладающего крупными размерами (*Ceratium hirundinella*), который при низкой численности обладает высокой биомассой. В оз. Н. Кабан пик численности в период “цветения” мелкоклеточных, колониальных форм формирует низкое значение биомассы (104,9 млн.кл/л; 6,6 мг/л). В озерах системы отмечается по одному летнему пику численности: В. Кабан (20,5 млн.кл/л) в июле, С. Кабан (30,5) и Н. Кабан (104,9 млн.кл/л) - в августе. Максимальные значения численности фитопланктона озер Средний и В. Кабан сравнимы между собой, тогда как в оз. Н. Кабан они в три раза больше (рис. 2). Кривая общей численности фитопланктона оз. В. Кабан характеризуется тремя подъемами, что, учитывая период исследования в году (с мая по октябрь) и смену доминирующих отделов в это время, наиболее соответствует общей схеме сезонной сукцессии фитопланктона озер умеренной зоны. Общая биомасса озер Верхний и Н. Кабан отличаются меньшими значениями летних пиков – до 6,6 мг/л, в то время как в оз. С. Кабан они поднимаются до 59,0 мг/л. Наибольшие значения биомассы фитопланктона оз. С. Кабан отмечаются в августе и формируются в основном динофитовыми водорослями. В оз. Н. Кабан - в весенне-летний период - 16,5 мг/л в мае и 12,7 в июне, причем синезеленые и диатомовые водоросли проявляют максимум в июне, а остальные отделы имеют тенденцию к уменьшению с мая по июль. В оз. В. Кабан отмечен подъем биомассы в июле – до 6,3



Условные обозначения:

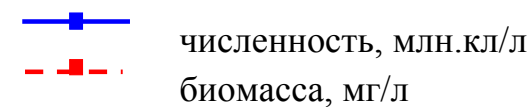


Рис. 2. Динамика численности и биомассы фитопланктона озерных систем Кабан и Лебяжье (по усредненным данным за 1988-2000 г.г.)

Сравнение сезонной динамики фитопланктона озер системы Лебяжье, выявило, что пик численности в оз. С. Лебяжье (30,0 млн.кл/л) в июне был значительно ниже, чем в озерах Малое (80,5) и Б. Лебяжье (56,5 млн.кл/л) в августе (рис. 2). Во всех озерах максимумы численности наблюдаются в период «цветения» синезеленых водорослей (виды рода *Anabaena*, *Aphanizomenon flos-aquae* и *Phormidium mucicola* Hub.-Pestalozzi et Naum. и др.). Максимальные значения биомассы озер системы Лебяжье колеблются от 17,1 (С. Лебяжье) до 49,8 мг/л (Б. Лебяжье). Для озер явно характерен пик биомассы в конце сезона, который в озерах Малое и С. Лебяжье приходится на сентябрь, а в оз. Б. Лебяжье – на август (рис. 2). Также отмечается подъем биомассы летом (Малое и С. Лебяжье – в июле, Б. Лебяжье – в июне). Большой вклад в формирование биомассы в период наибольшего прогревания воды вносят динофитовые водоросли: *Ceratium hirundinella* – в озерах Малое и С. Лебяжье, *Peridinium aciculiferum* Lemm. – в оз. Б. Лебяжье, отличающемся индивидуальной динамикой фитопланктона и разнообразием отделов, формирующих общую биомассу; а значительная доля эвгленовых водорослей при этом свидетельствует об эвтрофировании.

Озера г. Казани, характеризуются очень высокой фосфорной нагрузкой, на уровне критических значений (0,1-0,7 мг/л) указывающих на антропогенное эвтрофирование (Алекин и др., 1985). При этом биомасса фитопланктона колеблется до 60 г/м³. Наблюдается один пик биомассы в глубоководных озерах системы Кабан, а в озерах системы Лебяжье отмечаются колебания значений численности и биомассы ввиду их нестабильности из-за применения восстановительных мероприятий. В целом отклик на биогенную нагрузку в озерах Приказанского региона не такой сильный по сравнению, к примеру, с озерами северо-запада России (Трифенова, 1990).

Вертикальное распределение фитопланктона. В водоемах системы Кабан (с максимальными глубинами пробоотборов для оз. В. Кабан – 10 м, С. Кабан – 14 м, Н. Кабан – 12 м) наблюдается устойчивая температурная стратификация с июня по сентябрь. Слой металимниона приурочен к горизонту 4 - 6 м, где температура воды составляет 15-17,5 °С. При рассмотрении вертикального распределения фитопланктона в водоемах выявлено, что наибольшие показатели фитопланктона характерны для поверхностного слоя (до глубины 2 м), затем наблюдается спад до глубины 6 м и вновь увеличение значений численности и биомассы у дна, в основном за счет примеси бентосных форм. Выявлены скопления диатомовых и зеленых водорослей на глубинах 8-12 м при перемешивании вод и в период стратификации. Вследствие обнаружения данного явления рекомендуем отбирать пробы фитопланктона по горизонтам со всего столба воды, а не только до глубин, равным трехкратным значениям прозрачности воды, как рекомендуется в некоторых методиках.

Оценка качества воды и трофического статуса озер. В изученных системах озер, значительно различающихся по гидрофизическим, гидрохимическим и гидрологическим условиям, генезису, морфометрическим показателям и трофическому статусу, соотношение индикаторных организмов было однотипным. Около половины всех зарегистрированных таксонов являются показателями той или иной степени сапробности (46,6 %), из которых

преобладали β -мезосапробы, затем по степени убывания α - β -мезосапробы и далее - β - α -мезосапробы. В системе озер Лебяжье отсутствуют виды, характеризующие χ - и χ - α -сапробные условия (условно чистые воды). В системе Голубых озер, наоборот, не отмечено видов, характеризующих α - ρ - и ρ -сапробные условия (условно грязные воды). В системе озер Кабан отмечаются виды всех индикаторных групп.

Сравнение всех исследуемых озер по трофическому состоянию и качеству воды (табл. 4) выявило, что оз. В. Кабан в летний период преимущественно является мезотрофным водоемом и соответствует β – мезосапробной зоне с разрядом качества воды «удовлетворительной чистоты». Самым грязным является озеро М. Лебяжье - гипертрофный водоем с «загрязненной» водой, α - мезосапробной зоны. Оз. Н. Кабан в летний период характеризуется как эвтрофный водоем α - β - мезосапробной зоны. Оз. С. Кабан различными показателями характеризуется неоднозначно, что объясняется термическим воздействием; в целом это эвтрофный водоем с «загрязненной» водой, β – мезосапробной зоны. На качество воды и трофность озер Большое и М. Лебяжье в значительной степени оказывает влияние периодическая подача воды, что отражается в виде колебаний показателей. Голубые озера – олигомезотрофные водоемы с «чистой» водой, чему способствует их проточность.

Таблица 4. Оценка трофического статуса и качества воды озер по фитопланктону

Озеро	Год	Биомасса (В), мг/л	Численность (N), млн.кл/л	Зона сапробности	Класс качества воды	Индекс трофности -ти Милиус (I _b)	Трофический статус	
							по В	по I _b
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Верхний Кабан	1995	0,34 \pm 0,25	17,5 \pm 2,3	β -олиго	2	34,0	О	О
	1996	0,11 \pm 0,04	123,8 \pm 26,6	β -олиго	2	22,6	О	О
	1997	3,67 \pm 3,09	3,3 \pm 1,1	β -мезо	3	58,0	М	Э
	1998	1,56 \pm 1,47	16,0 \pm 4,8	β -мезо	3	49,4	М	М
	1999	1,12 \pm 0,68	8,8 \pm 4,2	β -мезо	3	46,0	М	М
	2000	2,15 \pm 1,03	15,1 \pm 4,6	β -мезо	3	52,6	М	М
Средний Кабан	1995	1,11 \pm 0,91	21,7 \pm 11,3	β -мезо	3	45,9	М	М
	1996	78,2 \pm 3,48	42,9 \pm 14,1	β -поли	5	88,8	Г	Г
	1997	3,53 \pm 1,84	6,7 \pm 3,5	β -мезо	3	57,6	М	Э
	1998	26,6 \pm 1,94	15,0 \pm 2,4	α -мезо	4	77,9	Г	Г
	1999	0,66 \pm 0,44	19,4 \pm 5,7	α -олиго	2	40,7	О	О
	2000	1,60 \pm 0,89	21,0 \pm 8,1	β -мезо	3	49,6	М	М
Нижний Кабан	1995	0,69 \pm 0,55	25,4 \pm 3,0	α -олиго	2	41,1	О	О
	1996	2,81 \pm 2,02	89,8 \pm 2,6	β -мезо	3	55,3	М	Э
	1997	5,26 \pm 1,95	82,6 \pm 31,1	α -мезо	4	61,6	Э	Э
	1998	5,02 \pm 1,96	23,4 \pm 5,2	α -мезо	4	61,1	Э	Э
	1999	1,03 \pm 0,91	47,4 \pm 4,5	β -мезо	3	45,2	М	М
	2000	1,73 \pm 0,44	19,2 \pm 2,0	β -мезо	3	50,4	М	М
Малое	1997	13,23 \pm 1,90	7,0 \pm 2,0	α -мезо	4	70,9	Г	Г

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Лебяжье	1998	13,60 \pm 0,90	104,2 \pm 12,7	α -мезо	4	71,2	Г	Г
	1999	13,57 \pm 0,89	8,1 \pm 6,9	α -мезо	4	71,2	Г	Г
	2000	6,29 \pm 0,69	13,5 \pm 3,9	α -мезо	4	63,4	Э	Э
Большое Лебяжье	1995	36,51 \pm 1,57	42,4 \pm 14,6	α -мезо	4	81,1	Г	Г
	1997	3,22 \pm 1,96	14,0 \pm 12,6	β -мезо	3	56,7	М	Э
	1998	18,97 \pm 2,22	38,8 \pm 15,8	α -мезо	4	74,5	Г	Г
	1999	0,94 \pm 0,66	3,4 \pm 2,1	α -олиго	2	44,2	О	О
	2000	22,03 \pm 1,65	16,1 \pm 1,8	α -мезо	4	76,1	Г	Г
Сухое Лебяжье	1997	0,94 \pm 1,14	13,0 \pm 7,4	α -олиго	2	44,2	О	М
	1998	4,70 \pm 1,14	16,1 \pm 7,1	β -мезо	3	60,5	М	Э
	1999	4,31 \pm 0,41	53,2 \pm 22,7	β -мезо	3	59,6	М	Э
	2000	3,61 \pm 1,75	3,3 \pm 1,6	β -мезо	3	57,8	М	Э
Большое Голубое	1995	0,19 \pm 0,01	2,6 \pm 0,08	β -олиго	2	28,1	О	О
	1996	1,80 \pm 1,48	0,2 \pm 0,07	β -мезо	3	50,8	М	М
	1998	0,79 \pm 1,10	9,7 \pm 7,4	α -олиго	2	42,5	О	М
	1999	0,17 \pm 1,97	1,7 \pm 0,6	β -олиго	2	27,0	О	О
	2000	1,91 \pm 2,67	0,1 \pm 0,02	β -мезо	3	51,4	М	М
Малое Голубое-1	1995	0,03	1,1	олиго	1	9,5	О	О
	1996	0,10 \pm 0,10	0,2 \pm 0,002	олиго	1	21,7	О	О
	1998	1,60 \pm 1,24	32,0 \pm 3,3	β -мезо	3	49,6	М	М
Малое Голубое-2	1995	1,63 \pm 0,34	5,8	β -мезо	3	49,8	М	Г
	1996	0,93 \pm 0,88	12,7 \pm 2,3	α -олиго	2	44,1	О	М
	1998	1,05 \pm 1,32	2,2 \pm 2,1	β -мезо	3	45,4	М	М

Примечание: * - биомасса и численность усреднены за летние месяцы; ** шкала трофности по И.С. Трифионовой (1990); трофический статус: О-олиготрофный, М-мезотрофный, Э-эвтрофный, Г-гипертрофный; класс качества воды: 1- предельно чистая, 2-чистая, 3-удовлетворительной чистоты, 4-загрязненная, 5-грязная.

Глава 5. РАЗВИТИЕ ФИТОПЛАНКТОНА ОЗЕР ПРИ РЕКРЕАЦИОННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ (на примере озер Верхний Кабан, Большое Голубое и Малое Голубое-1)

Озера Верхний Кабан, Большое Голубое и Малое Голубое-1 не подвержены промышленному воздействию. Для Голубых озер преобладает рекреационное воздействие (купание и др.), с очень высокой нагрузкой (летом - до 200 чел/час), для оз. В. Кабан дополнительно водозабор, коммунальное воздействие и загрязнение от автодороги.

Видовой состав фитопланктона оз. В. Кабан представлен 131 видом и разновидностью из 7 отделов водорослей. Наиболее обширно представлены отделы зеленых (54,2 %), синезеленых (19,1 %) и диатомовых (15,3 %) водорослей. Общая численность фитопланктона оз. В. Кабан по годам исследований колебалась от 1,4 млн.кл/л (5.10.92) до 274,1 млн.кл/л (24.05.93). Пики численности формировались в основном представителями отдела синезеленых водорослей, где видами-доминантами являлись *Aphanizomenon flos-aquae*, *Gomphosphaeria lacustris*, *Microcystis pulvereae*. Значения биомассы фитопланктона в оз. В. Кабан за период исследования изменялись от 0,06 мг/л (5.10.92) до 5,27 мг/л (24.05.93)

г.). Наибольшее среднее за сезон значение биомассы отмечалось в 1997 г. (3,67 мг/л), а наименьшее – в 1996 г. (0,11 мг/л). Формирование общих значений биомасс происходило за счет водорослей отделов синезеленые, динофитовые, диатомовые и эвгленовые.

В оз. Б. Голубое за весь период исследований было встречено 52 вида водорослей. Доминировали отделы диатомовых (44,2 %), зеленых (21,3 %) и синезеленых (19,2 %) водорослей. Доминантами летнего сезона по численности являлись *Meridion circulare* (119,33 тыс.кл/л), *Stephanodiscus sp.* (111,40 тыс.кл/л), *Lyngbya euryphytica* (194,25 тыс.кл/л). Самая высокая численность в оз. Б. Голубое наблюдалась в июле 1998 г. (19,60 млн.кл/л), наименьшая (79,20 тыс.кл/л) – в сентябре 1996 г. Наибольшие значения биомассы в летний период отмечены у *Epithemia sp.* (2,30 мг/л), *Caloneis formosa* и *Cymbella prostrata* (по 0,26 мг/л), *Cyclotella comta* (0,13) и *Pinnularia major* (0,20 мг/л). Осенью доминировал вид *Microcystis firma* (0,04 мг/л). Наибольшая биомасса обнаружена в июле 1996 г. (3,2 мг/л); наименьшая (0,02 мг/л) – в сентябре 1998 г.

В оз. М. Голубое-1 за период исследований было выявлено 36 видов фитопланктона. Доминировали отделы диатомовых (47,2 %) и синезеленых (27,8 %) водорослей. К видам-доминантам по численности в водоеме относились *Lyngbya epihypitica* (4,10-39,38 млн.кл/л), *Microcystis firma* (7,50 млн.кл/л) и *Oscillatoria limnetica* (1,88 млн.кл/л). По биомассе доминировали *Aulocosira granulata* (0,89 мг/л) и *Synedra ulna* (1,32 мг/л) из диатомовых.

Глава 6. ОСОБЕННОСТИ ФИТОПЛАНКТОНА ОЗЕР ПРИ ТЕРМОФИКАЦИИ ВОДОЕМА (на примере озера Средний Кабан)

Озеро Средний Кабан фактически включено в производственный цикл предприятия ТЭЦ-1, т.к. вследствие водозабора и сбросов весь объем озера проходит через производственный цикл 4 раза в год. Поступление сточных вод ТЭЦ-1 г. Казани с 1933 г., помимо токсического загрязнения, привело к нарушению термального режима оз. С. Кабан (не замерзает в зимнее время в районе выпусков сточных вод, раньше освобождается ото льда).

Фитопланктон этого термофицированного водоема большую часть сезона вегетации предрасположен к «цветению», тем самым из фактора самоочищения превращаясь в фактор самозагрязнения. В видовом составе оз. С. Кабан за исследуемый период было встречено 137 видов и внутривидовых таксонов водорослей из 6 отделов с доминированием отделов *Chlorophyta* (43,1 %), *Bacillariophyta* (29,2 %) и *Cyanophyta* (15,3 %). Характерны крайне высокие показатели биомассы при относительно не высокой численности фитопланктона. Наибольшее значение биомассы (158,9 мг/л) отмечалось в августе 1996 г., наименьшее (0,01-0,06 мг/л) – в мае-июне 1994-1995 гг. В отдельные годы большая часть биомассы складывалась диатомовыми водорослями *Synedra ulna* и *Cyclotella bodanica*. Доминирующим по биомассе был вид *Ceratium hirundinella* из динофитовых водорослей. Массовое развитие водорослей этого отдела, по литературным сведениям, свойственно стратифицированным водоемам с высокой степенью обеспеченности органическим веществом. Хотя для оз. С. Кабан не отмечается четкой стратификации в связи с циклической оборачиваемостью охлаждаемых вод, тем не менее условия в этом термофицированном,

эвтрофированном и загрязняемом водоеме сложились благоприятным образом для развития вида *Ceratium hirundinella*. Показатели численности этого вида в 1996 и 1999 гг. существенно превышали значения 500 тыс.кл/л, соответствуя по шкале трофности высокоэвтрофным водоемам. Так же реакция на термофикацию водоема проявляется в виде вегетации этого вида на протяжении безледного периода, что не свойственно для остальных озер региона. Наибольшие скопления вида отмечалось на глубине 2 м, где он вытеснял остальные виды.

Термофикация оз. С. Кабан повлекла усиление эвтрофирования этого довольно крупного и глубокого водоема, увеличение количественных показателей фитопланктона и массовую сезонную вегетацию теплолюбивого вида *Ceratium hirundinella*.

Глава 7. ИЗМЕНЕНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА ОЗЕР ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Влияние на фитопланктон искусственного восстановления уровня воды (на примере озер системы Лебяжье). С целью поддержания уровня воды и площади водного зеркала водоемы Лебяжье пополняются водой из олиготрофного Юдинского карьера (до 1200 м³/год), при этом наблюдаются колебания уровня и площади водного зеркала, связанные с периодической подачей воды и естественными фильтрацией и испарением с водоема.

В ходе исследований (1994-2000 гг.) в составе фитопланктона озер системы Лебяжье выявлено 174 вида (175 видов с внутривидовыми таксонами), принадлежащих к 77 родам, 43 семействам, 18 порядкам, 11 классам и 8 отделам. Доминировали отделы зеленых (92 вида и разновидностей), диатомовых (33) и синезеленых (26 видов) водорослей.

При изучении в 2000 г. зависимости динамики численности и биомассы отделов фитопланктона оз. Б. Лебяжье от концентрации общего азота и фосфора (рис.3) выявлено, что в начале мая (после половодья) отмечается увеличение численности отделов синезеленых и зеленых водорослей. Затем увеличение концентраций азота и фосфора в конце мая приводят к увеличению численности отделов диатомовых и зеленых в середине июня, что совпадает по срокам с пополнением водоема в этот период. В середине августа, вслед за пополнением водоема наблюдается увеличение концентрации биогенных элементов и подъем численности и по биомассы динофитовых водорослей.

Оз. Б. Лебяжье по физико-химическим показателям в большей степени характеризуется условиями эвтрофирования. Это, в свою очередь, находит отражение в динамике биомассы фитопланктона, как в общей, так и по отделам, среди которых существенно проявляют себя водоросли, в основном характеризующие загрязнение органическим веществом и процессы эвтрофирования (синезеленые – в качестве доминантов, эвгленовые и зеленые водоросли – как субдоминанты).

Для оз. С. Лебяжье «цветения» фитопланктона не наблюдается ввиду «перехвата» биогенных элементов макрофитами, а в оз. М. Лебяжье, напротив, наблюдается наибольший пик численности в августе, обусловленный развитием синезеленых водорослей (*Anabaena flos-aquae*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa*) - до 136,2 млн.кл/л в 1998 г. В оз. Б. Лебяжье до июня происходит увеличение численности, и в июле формируется ее пик,

затем к августу и далее происходит снижение показателей, что также характерно для большинства озер центральной Якутии и северо-запада России. В целом в озерах проявляется два пика в сезонах: летний и осенний, но, в связи с большими различиями в функционировании озер, тенденции поведения сообщества фитопланктона различны и находят свое отражение в несовпадении по срокам пиков численности в межгодовой динамике.

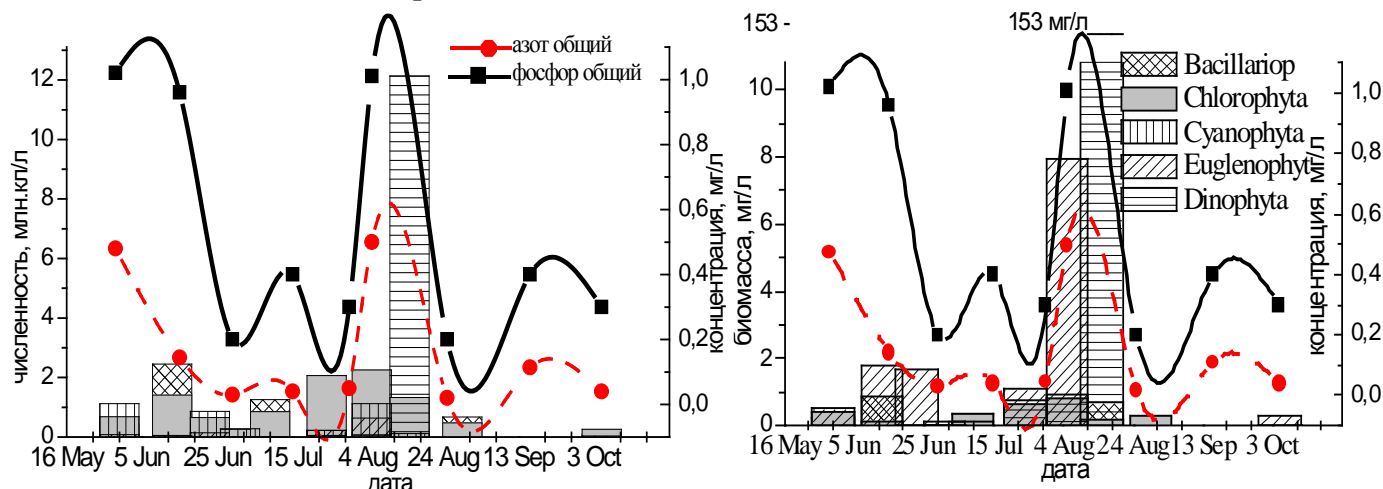


Рис. 3. Сезонная динамика фитопланктона оз. Большое Лебяжье и изменение концентрации общего азота и фосфора в 2000 г.

Значения биомассы озер системы Лебяжье в межгодовой и сезонной динамике имеют тенденцию к изменчивости, которая выражается в различных изменениях пиков (двувершинность, смещение летнего пика на осень, срезанность вершины пика). Подобные отклонения являются характерной чертой мелководных, нестабильных водных экосистем (Старцева, 2002). Незначительная емкость среды влечет сильное воздействие на альгоценозы внешних факторов (быстрое прогревание и охлаждение), в данном в случае вследствие проводимых восстановительных мероприятий (пополнение водой).

Таким образом, для системы озер Лебяжье пополнение водой из олиготрофного водоема отражается в увеличении количественных показателей фитопланктона, в связи с поступлением биогенных элементов с затопляемых берегов, где выпасается скот; крайняя нестабильность экосистем водоемов приводит к изменчивости динамики показателей фитопланктона.

Фитопланктон озер при реконструкции озерной котловины (на примере озер Малое Лебяжье и Малое Голубое-2). Дноуглубление и изъятие донных отложений проводились на исследуемых озерах с различной целью: на оз. М. Лебяжье - при сооружении водупорного глиняного слоя (для исключения фильтрации вод); на оз. М. Голубое-2 – при реконструкции ложа для рекреации. Изъятие донных отложений, проведенное с целью углубления и снижения фильтрации для оз. М. Лебяжье в зимне-весенний период 1999-2000 г.г., привело к изменению видового состава фитопланктона при сравнении сезонов до воздействия и после (за 1997 и 2000 гг.). Смена преобладающих по количеству видов отделов связана с массовой вегетацией хлорококковых, синезеленых и эвгленовых водорослей в результате увеличения трофического статуса после проведения дноуглубительных работ на водоеме. Число встреченных видов этих таксономических групп изменилось с 17

до 26 видов, с 4 до 9 и с 2 до 6 видов соответственно по отделам водорослей. Число случайно планктонных видов, относящихся к фитобентосу и перифитону, напротив, после нарушения местообитаний этих видов водорослей в водоеме снизилось по видовому разнообразию: для диатомовых водорослей с 16 до 7 видов, для конъюгатов с 4 до 1 вида.

Фитопланктон оз. М. Голубое-2 исследовался с сезона 1995 г., т.е. период до проведения изъятия донных отложений исследованиями не был захвачен. Но при сравнении видового состава Малых Голубых озер между собой на основании индексов видового сходства отмечается существенное различие видового состава (рис. 1). Воздействие мероприятия по углублению котловины отражается в снижении числа видов (в оз. М. Голубое-1 - 36 видов, а в оз. М. Голубое-2 - 31 вид), причем виды из числа конъюгатов в оз. М. Голубое-2 вообще не были отмечены. По-видимому, здесь уместно говорить о деградации видового состава водорослей при проведении мероприятий по изъятию донных отложений. Так же в оз. М. Голубое-2 осенью 1996 г. был отмечен аномальный подъем показателей золотистых водорослей при численности 24,4 тыс.кл/л и биомассе 44,9 мг/л. По нашим многолетним данным такое значение показателей не свойственно для олиготрофных водоемов данного типа, поэтому этот факт можно рассматривать также как отклик озерной экосистемы на применение мероприятия. Дноуглубление и реконструкция ложа в минерализованном водоеме выразились в снижении количества случайно планктонных видов, характерных для данного типа водоема, что сказалось на развитии холодноводного вида из золотистых водорослей - *Chrysosoccus* sp., для которого в водоеме сложились благоприятные условия, что и выразилось в резком увеличении количественных показателей вида.

Таким образом, воздействие на экосистему водоема в период проведения дноуглубительных мероприятий сказывается на изменении структурных характеристик фитопланктона. При этом отмечаются как снижение разнообразия одних таксономических групп (диатомовых, зеленых класса конъюгаты), так и резкие увеличения количественных показателей других групп: увеличение видового разнообразия ряда отделов и порядков (зеленые класса хлоркокковые, синезеленые, эвгленовые) и подъемы численности и биомассы наиболее характерных для данного типа водоема групп водорослей.

Фитопланктон озер после проведения комплекса восстановительных мероприятий (на примере озера Нижний Кабан). Озеро Нижний Кабан в настоящее время является примером водоема, для которого в 1980-е гг. применялся ряд восстановительных мероприятий (снижение нагрузки загрязнения, изымание донных отложений, создание временной проточности и аэрация, благоустройство берегов), вследствие чего оно было выведено из предельно грязного, токсифицированного состояния к умеренно-загрязненному, эвтрофному состоянию. Возвращения к состоянию экосистемы, характерному до массивированного антропогенного воздействия (мезотрофному), не было достигнуто.

Изучение организмов фитопланктона этого водоема по сути проводилось впервые уже после применения восстановительных мероприятий и в период возрастания трофности. За период исследований 1988, 1992-2000 гг. оз. Нижний Кабан характеризовалось наиболь-

шим числом встреченных видов водорослей среди озер системы - 150 таксонов рангом ниже рода из 8 отделов: зеленых – 73, диатомовых – 33, синезеленых – 23 и т.д. (табл. 2), что несомненно говорит о процессе восстановления фитопланктонного сообщества, т.к. в 1980 г. в оз. Н. Кабан отмечалась деградация экосистемы и биотических сообществ.

Значения общей численности, проанализированные за ряд лет исследований и усредненные по сезонам, были наибольшими в летний период. Самыми высокими за вегетационный период были значения в 1996 и 1997 гг. (89,8 и 82,6 млн.кл/л), самыми низкими (23,4 и 19,2 млн.кл/л) в 1998 и 2000 гг. (табл. 4). В летний период наблюдались увеличения численности отделов диатомовых и зеленых водорослей оз. Н. Кабан. Для представителей остальных отделов зависимости от сезона не обнаружено. К видам, приносящим наибольший вклад в общую численность, можно отнести *Coelastrum microporum* (112,1 млн.кл/л), *Aphanizomenon flos-aquae* (89,6), *Lyngbya limnetica* (260,0), *Monoraphidium irregulare* (8,5) и *Stephanodiscus hantzschii* (57,7 млн.кл/л).

При изучении многолетней динамики биомассы фитопланктона озера Н. Кабан отмечаются наибольшие ее значения в период массового развития диатомовых водорослей (*Stephanodiscus hantzschii*, *Cyclotella* sp., *Navicula* sp.) в мае. В то же время усредненные по сезонам значения общей биомассы фитопланктона оз. Н. Кабан за период исследований оказались наибольшими в августе (рис. 2), т.е. биомасса зеленых и синезеленых водорослей, составляющих основной фон в августе, была значительно больше, чем биомасса, образуемая в весенний период. В межгодовой динамике значения численности и биомассы сильно колеблются, что отражает неустойчивость сообщества и экосистемы.

Таким образом, по результатам наших исследований можно говорить о следующем. По физико-химическим показателям воды в озере Н. Кабан находится в стадии эвтрофирования. В межгодовой динамике показателей фитопланктона отмечались значительные колебания из-за неустойчивости экосистемы. В настоящее время, когда достигнутое в результате применения восстановительных мероприятий состояние озера является неблагоприятным и нестабильным, а достигнуть исходного (до массированного воздействия) состояния не удалось, многолетняя усредненная сезонная динамика фитопланктона показывает, что для экосистемы оз. Н. Кабан характерен пик численности в августе (максимальный по сравнению с другими озерами). Этот пик обуславливается массовым всплеском мелкоклеточных организмов фитопланктона, развитие которых в виде «цветения» характерно для водоемов при антропогенном эвтрофировании. Следовательно, в результате применения восстановительных мероприятий (снижение нагрузки загрязнения и изъятие донных отложений как основные) оз. Н. Кабан около 15 лет назад было выведено из состояния токсикофикации в эвтрофное состояние, которое оказалось неустойчивым и уровень трофности продолжает расти. Реакцией на эти мероприятия и последующее изменение (увеличение) трофности является преобладание мелкоклеточного фитопланктона.

ВЫВОДЫ

1. Видовой состав фитопланктона озер систем Кабан, Лебяжье и Голубые г. Казани и Приказанья представлен 312 видами и разновидностями из 8 отделов водорослей. Ведущими являются представители отделов *Chlorophyta* (142 вида и разновидностей), *Bacillariophyta* (78) и *Cyanophyta* (47 видов и разновидностей). Количество выявленных видов по озерам колеблется от 31 (оз. М. Голубое-2) до 150 видов (оз. Н. Кабан). На долю девяти ведущих классов приходится 299 видов (97,4 %) водорослей, десяти порядков - 272 вида (88,7 %), десяти семейств - 167 видов (53,7 %), десяти родов - 96 видов (31,8 %) альгофлоры.
2. Для каждого водоема характерен свой комплекс доминирующих видов, что связано с неоднородностью природно-территориальных условий и сочетанием абиотических факторов. Все основные доминанты озер систем Кабан и Лебяжье являются индикаторами эвтрофных вод, массово вегетирующие при антропогенном эвтрофировании.
3. Видовой состав фитопланктонного сообщества зависит как от природной типологии водоема, так и от антропогенного воздействия. Коэффициент видового сходства увеличивается у озер с однотипными условиями формирования сообщества водоема и уменьшается при разных видах антропогенного воздействия на водоемы.
4. Вертикальное распределение фитопланктона наиболее глубоководных озер системы Кабан характеризуется скоплением основной массы синезеленых водорослей в эпилимнионе в период стратификации. В период весенне-осеннего перемешивания скопления водорослей встречаются в поверхностных и придонных слоях, большей частью за счет крупных форм.
5. Во флоре водорослей выявлены экологические группы по степени приуроченности к местообитанию (247 видов), по отношению к галобности (123), по степени сапробности (146 видов). Альгофлора озер систем Кабан и Лебяжье характеризуется как пресноводная, приуроченная к планктонным местообитаниям. Водоросли озер системы Голубые по сравнению с озерами Кабан и Лебяжье более представлены солоноватоводными видами и насыщены бентосными формами и перифитомом. По сапробиологическому анализу среди обнаруженных водорослей преобладают виды-индикаторы β -мезосапробной зоны во всех типах озер (до 54 %).
6. Трофический статус исследуемых водоемов изменяется от олиготрофного (оз. Б. Голубое и М. Голубое-1) до гипертрофного (озера Малое и Б. Лебяжье). Качество воды озер, оцениваемое по индексу видового разнообразия, индексу сапробности и биомассе, варьирует от “очень чистой”, олигосапробной зоны (Голубые озера) до “сильно загрязненной”, β -мезосапробной зоны (оз. Н. Кабан, Малое и Б. Лебяжье).
7. Динамика численности и биомассы фитопланктона озер г. Казани, испытывающих меньшее антропогенное воздействие и умеренное антропогенное эвтрофирование, в

- целом характерна для озер умеренной зоны, прослеживается один летний пик численности и биомассы и весенне-осенние подъемы этих показателей.
8. Последствиями проведения комплекса восстановительных мероприятий (снижения нагрузки загрязнения, изъятия донных отложений и др.) и выведения водоема Нижний Кабан из токсикофицированного состояния к умеренно-загрязненному, эвтрофированному состоянию, являются преобладание в фитопланктоне мелкоклеточных, колониальных синезеленых и зеленых водорослей, массовая вегетация видов-индикаторов загрязненных и эвтрофных вод (*Stephanodiscus hantzschii* и др.).
 9. Термофикация оз. С. Кабан г. Казани проявляется в значительном увеличении биомассы и периода вегетации теплолюбивого вида *Ceratium hirundinella* из отдела динофитовых водорослей.
 10. При дополнительной подаче воды в озера и вследствие поступления биогенных веществ с затопляемых берегов происходит увеличение количественных характеристик фитопланктона; нестабильность состояния экосистемы отражается в хаотичном характере сезонных изменений с частой сменой доминирующих видов водорослей.
 11. Дноуглубление и реконструкция котловины водоема выражается в изменении структуры сообщества фитопланктона и в резком увеличении показателей отдельных видов, типичных для данного типа водоема.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Мингазова Н.М. Экологические проблемы "Голубого чуда Приказанья" и пути их решения / Н.М.Мингазова, Л.Р.Павлова, О.Ю.Деревенская, Ф.Ф.Рафикова (Бариева), М.А.Монасыпов, И.И.Рахимов, Н.Н.Ибрагимова // Матер. VII Съезда ГБО РАН. - Казань, 1996. - Т.3. - С.168-172.
2. Палагушкина О.В. Оценка состояния разнотипных озер Среднего Поволжья по фитопланктону / О.В.Палагушкина, Ф.Ф. Рафикова (Бариева) // Матер. VII Съезда ГБО РАН. - Казань, 1996. - Т.2. - С. 68-71.
3. Рафикова (Бариева) Ф.Ф. Оценка состояния озер Кабан по фитопланктону // Проблемы городского хозяйства и социально-культурной сферы города. Матер. науч.-практ. конф. - Казань, 1998. - С. 108-109.
4. Мингазова Н.М. Особенности биотических сообществ озер с повышенной минерализацией воды / Н.М.Мингазова, О.Ю.Деревенская, Л.Р.Павлова, О.В.Палагушкина, Ф.Ф. Рафикова (Бариева), М.А.Монасыпов // Экологические проблемы бассейнов крупных рек-2. Тез. межд. конф. – Тольятти, 1998. - С. 222.
5. Палагушкина О.В. Фитопланктон минерализованных озер Среднего Поволжья / О.В.Палагушкина, Ф.Ф. Рафикова (Бариева) // III научно-техническая конференция молодых ученых и специалистов Республики Татарстан. - Казань, 1998. - С. 151.
6. Рафикова (Бариева) Ф.Ф. Многолетние исследования фитопланктона и оценка состояния уникальных Голубых озер Приказанья // География на рубеже веков: проблемы регионов. Тез. межд. науч. конф. – Курск, 1999. – с. 203-204.
7. Рафикова (Бариева) Ф.Ф., Изменение структуры фитопланктона антропогеннозатронутых озер в период проведения оздоровительных гидротехнических мероприятий / Ф.Ф.Рафикова (Бариева), Н.М.Мингазова // Проблемы экологии и биоразнообразия водных и прибрежно-водных экосистем. Тез. XI конф. молод. ученых. к 275-летию РАН. - Борок, 1999. – с. 120-122.

8. Бариева Ф.Ф. К изучению структуры фитопланктона антропогеннозатронутых озер в период проведения оздоровительных гидротехнических мероприятий / Ф.Ф.Бариева, Н.М. Мингазова // Экологические проблемы Среднего Поволжья. Тез. межрегион. научно-практ. конф. – Ульяновск, 1999. – С.84-85.
9. Бариева Ф.Ф. Фитопланктон подверженных антропогенному воздействию озер в период восстановления / Ф.Ф.Бариева, Н.М.Мингазова // Гидробиотаника 2000. Тез. докл.V Всерос. конф. по водн. растен. – Борок, 2000 - С. 9.
- 10.Деревенская О.Ю. Динамика фито- и зоопланктона гипертрофного озера / О.Ю.Деревенская, Ф.Ф. Бариева // Там же., С. 25-26.
- 11.Бариева Ф.Ф. Многолетнее изучение фитопланктона при оценке состояния уникального озера Татарстана – Большое Голубое // Актуальные экологические проблемы РТ. Матер. IV респ. науч. конф. - Казань, 2000. - С. 24-25.
- 12.Мингазова Н.М. Уникальные экосистемы солоноватоводных карстовых озер Среднего Поволжья – Большое Голубое и Югидем / Н.М.Мингазова, О.Ю.Деревенская, О.В.Палагушкина, М.А.Монасыпов, Ф.Ф.Бариева, Р.Р.Сайфуллин, Л.Р. Павлова // Роль особо охраняемых природных территорий в сохранении биоразнообразия: Матер. науч.практ.конф. – Чебоксары-Казань, 2000. - С. 150-154.
- 13.Бариева Ф.Ф. Экологическое состояние озера Верхний Кабан г. Казани по фитопланктону // Современные проблемы естествознания: Матер. междунар. научно-практ.конф. молодых ученых – Владимир, 2001. - С. 136-137.
- 14.Бариева Ф.Ф. Фитопланктон озер Лебяжье г. Казани в условиях различного рода антропогенного воздействия и восстановления // Тез. докл. VIII Съезда ГБО РАН, Калининград, 2001. - Т. III. - С. 14-15.
15. Мингазова Н.М. Уникальные экосистемы солоновато-водных карстовых озер Среднего Поволжья / Н.М. Мингазова, О.Ю. Деревенская, О.В. Палагушкина, Ф.Ф. Бариева, М.А. Монасыпов, Р.Р. Сайфуллин // Рациональное использование водных ресурсов в системе управления регионом: Мат. всерос. науч.-практ. конф. – Йошкар-Ола, 2001. – С. 101–106.
16. Мингазова Н.М. Уникальные экосистемы солоноватоводных карстовых озер Среднего Поволжья и их экологические особенности / Н.М.Мингазова, О.Ю.Деревенская, Е.Н.Унковская, О.В.Палагушкина, М.А.Монасыпов, Р.Р.Сайфуллин, Ф.Ф.Бариева, Л.Р.Павлова // Матер. VIII Съезда ГБО РАН. - Калининград, 2001. – Т. 1. - С. 257-258.
- 17.Bariyeva F.F. The monitoring of phitoplankton in the Upper Kaban lake of the city of Kazan in the many year dynamics / F.F. Bariyeva, O.V. Palagushkina // Problems of today in bioindication and biomonitoring: XI international symposium on bioindicators – Syktyvkar, 2001. - P. 224.
- 18.Палагушкина О.В. Фитопланктон солоноватоводных карстовых озер Среднего Поволжья / О.В. Палагушкина, Ф.Ф. Бариева // Уникальные экосистемы солоноватоводных карстовых озер Среднего Поволжья – Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 2001. – С. 95-110.
- 19.Халиуллина Л.Ю. Фитопланктон поверхностных вод Республики Татарстан / Л.Ю.Халиуллина, Д.В.Амосов, А.Н.Салахутдинов, О.В.Палагушкина, Ф.Ф.Бариева, В.А.Яковлев // Вестник Татарстанского отделения Российской Экологической Академии, 2002. - № 3-4 (13-14). – С. 30-37.
- 20.Barieva F.F. The phytoplankton of the Upper Kaban Lake of Kazan sity and evalution of water quality / F.F.Barieva, O.V.Palagushkina, N.M.Mingazova // Envaronmental radioecology and applied ecology, 2002. - Vol. 8. - № 4. – P. 3-9.
- 21.Mingazova N.M. Unique of structure of brackish – water lakes ecosystems of Middle Volga Region/N.M.Mingazova, O.Y.Derevenskaya, O.V.Palagushkina, M.A.Monasypov, R.R.Sayfullin, E.N.Unkovskaya, F.F.Barieva//8-th International Conference On Salt Lakes: Abstrcuts.- Krasnoyarsk, 2002. – P.70-71.